

10/524585
PCT/JP 2004/002382 15 FEB 2005
27.2.2004

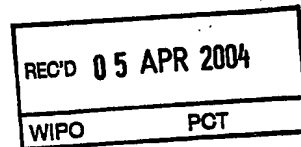
日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 2月28日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-053283
[ST. 10/C]: [JP2003-053283]



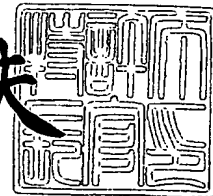
出 願 人
Applicant(s): 農工大ティー・エル・オー株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3026743

【書類名】 特許願
【整理番号】 NP03029-NT
【提出日】 平成15年 2月28日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H03B 7/00
B06B 1/02
H04R 23/00
【発明の名称】 熱励起音波発生装置
【請求項の数】 4
【発明者】
【住所又は居所】 東京都小金井市緑町 3-12-8
【氏名】 越田 信義
【発明者】
【住所又は居所】 東京都小金井市中町 2-24-16
農工大ティー・エル・オー株式会社内
【氏名】 椿 健治
【特許出願人】
【識別番号】 801000072
【氏名又は名称】 農工大ティー・エル・オー株式会社
【代理人】
【識別番号】 100093230
【弁理士】
【氏名又は名称】 西澤 利夫
【電話番号】 03-5454-7191
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 009911
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1

【物件名】

図面 1

【物件名】

要約書 1

【プルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱励起音波発生装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 熱導電性の基板と、基板上の一方の面に多結晶シリコンをポーラス化させて形成したポーラスシリコン層からなる断熱層と、断熱層上に形成され、電氣的に駆動される金属膜からなる発熱体薄膜とを有することを特徴とする熱励起音波発生装置。

【請求項2】 請求項1において、ポーラスシリコン層中の少なくとも一部に柱状構造のシリコングレインを有していることを特徴とする熱励起音波発生装置。

【請求項3】 請求項1または2において、熱導電性の基板が、金属もしくは半導体基板からなることを特徴とする熱励起超音波発生装置。

【請求項4】 請求項1または2において、熱導電性の基板が、セラミックス基板からなることを特徴とする熱励起音波発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この出願の発明は、熱励起音波発生装置に関するものである。さらに詳しくは、この出願の発明は、空気に熱を与えることで空気の粗密を作り、音波を発生する装置であって、超音波音源、スピーカー音源、アクチュエータ等に有用な新しい熱励起音波発生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より各種の音波発生装置が知られており、これら従来の音波発生装置は、電気火花や流体振動などを用いる特殊なものを除いて、すべて何らかの機械振動を空気の振動へと変換するものである。このような機械振動を用いる方法には動電型・コンデンサ型などもあるが、超音波領域では圧電素子を利用したものが主流である。例えば、圧電材料であるチタン酸バリウムの両面に電極を形成し、電極間に超音波電気信号を印加することで、機械振動を発生させ、空気などの媒質

にその振動を伝達して超音波を発生するようにしている。だが、このような機械振動を利用した音波発生装置では、固有の共振周波数を有するために周波数帯域が狭い、周囲の環境（温度、振動）等の影響を受けやすい、微細・アレイ化が困難といった問題があった。

【0003】

一方、機械振動を全く伴わない、新しい発生原理の圧力波発生装置が提案されている（特許文献1）（非特許文献1）。この提案では、具体的には、基板と、基板上に設けられた熱絶縁層と、熱絶縁層上に設けられて電氣的に駆動される発熱体薄膜から構成されており、発熱体薄膜から発生した熱が熱伝導率のきわめて小さい多孔質層や高分子層などの熱絶縁層を設けることで、発熱体表面の空気層の温度変化が大きくなるようにして、超音波を発生するようにしている。この提案されたデバイスは、機械振動を伴わないので、周波数帯域が広く、周囲環境の影響を受けにくく、微細・アレイ化も比較的容易であるなどの特徴を有している。このような熱励起による圧力発生装置の発生原理について考えてみると、電氣的に駆動される発熱体薄膜に交流電流を印加した場合の表面温度の変化は、熱絶縁層の熱伝導を α 、体積あたりの熱容量を C 、角周波数を ω として、単位面積あたりのエネルギーの出入り $q(\omega)$ [W/cm²]があったとき、次式(1)で与えられる。

【0004】

【数1】

$$T(\omega) = (1-j) / \sqrt{2} \times 1 / \sqrt{\omega \alpha C} \times q(\omega) \quad (1)$$

また、そのとき発生する電圧は、次式(2)で与えられる。

【0005】

【数2】

$$P(\omega) = A \times 1 \sqrt{\alpha C} \times q(\omega) \quad (2)$$

すなわち、図3に示すように、超音波周波数の信号を発生する信号源から供給された周波数 f の電流（図3-a）によって、発熱体薄膜から発生する熱（図3

-b) が周囲の媒体である空気との熱交換により、空気の温度変化が起こる (図3-c)。これが空気の粗密波を生み出し、周波数 $2f$ の音波を発生する (図3-d)。

【0006】

ここで、前記の (2) 式より、発生する音圧は、単位面積あたりのエネルギーの出入り $q(\omega)$ 、すなわち、入力電力に比例する、熱絶縁層の熱伝導度 α 、体積あたりの熱容量 C が小さいほど大きくなることがわかる。さらに、熱絶縁層と基板の熱的コントラストが重要な役割をする。すなわち、熱伝導率 α 、体積あたりの熱容量 C をもつ熱絶縁層の厚さを L とし、その下に α 、 C とも十分に大きな熱伝導性の基板がある場合、次式 (3) で表わされる

$$L = (2\alpha / \omega C)^{0.5} \quad (3)$$

程度の厚み (交流成分の熱拡散長) をとると、発熱の交流成分は断熱し、発熱体の熱容量のため発生する直流成分の熱は、大きな熱伝導性の基板へ効率良く逃すことができる。

【0007】

【特許文献1】

特開平11-300274号公報

【非特許文献1】

Nature 400(1999) 853-855

【0008】

しかしながら、上記の熱励起による音波発生装置においては、機械振動を全く伴わず、多くの特徴を有しているものの実用的出力を得ようとした場合、入力電力を大きくすることから発生するジュール熱も大きくなり、完全には、直流成分の熱を逃がすことができなくなって、発熱体薄膜の温度変化を大きくすることができなくなるという問題があった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、この出願の発明は、上記のとおりの問題点を解消し、発熱体薄膜の温度変化を大きくすることのできる、新しい熱励起音波発生装置を提供することを

課題としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】

この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、第1には、熱導電性の基板と、基板上の一方の面に多結晶シリコンをポーラス化させて形成したポーラスシリコン層からなる断熱層と、断熱層上に形成され、電氣的に駆動される金属膜からなる発熱体薄膜とを有することを特徴とする熱励起音波発生装置を提供する。

【0011】

また、この出願の発明は、第2には、ポーラスシリコン層中の少なくとも一部に柱状構造のシリコングレインを有していることを特徴とする上記の熱励起音波発生装置を提供し、第3には、熱導電性の基板が、金属もしくは半導体基板からなることを特徴とする熱励起超音波発生装置を、第4には、熱導電性の基板が、セラミックス基板からなることを特徴とする熱励起音波発生装置を提供する。

【0012】

以上のとおりのこの出願の発明は、発明者が上記課題を解決するために鋭意研究を重ねた結果から導かれたものであって、熱絶縁層として多結晶シリコンをポーラス化させて形成したポーラスシリコン層を用いることで、その部分が効率良く、直流成分の熱を基板側へ逃がす役割をするという全く予期できなかった新しい知見に基づいて完成されたものである。

【0013】

【発明の実施の形態】

この出願の発明は、上記のとおりの特徴をもつものであるが、以下にその実施の形態について説明する。

【0014】

図1は、この出願の発明の熱励起音波発生装置の一実施形態を例示した断面図である。この図1の例では、熱励起超音波発生装置は、熱導電性の基板(1)と、基板(1)上の一方の面に多結晶シリコンをポーラス化させて形成したポーラスシリコン層からなる断熱層(2)と、断熱層(2)上に形成され、電氣的に駆

動される金属膜からなる発熱体薄膜 (3) で構成されている。

【0015】

断熱層 (2) は、ポーラスシリコン層から成るが、例えば、シリコン表面をフッ素酸溶液中で陽極酸化処理することで形成することができる。その際の、電流密度、処理時間を適宜設定することで、所望の多孔度、深さ (厚み) を得ることができる。ポーラスシリコンは、多孔質材料であり、かつナノオーダーのシリコンの量子効果 (フォノン閉じ込め効果) により、シリコンに比べて、熱伝導率、熱容量とも非常に小さい値を示す。具体的には、シリコンが熱伝導率 $\alpha = 168 \text{ W/mK}$ 、熱容量 $C = 1.67 \times 10^6 \text{ J/m}^3\text{K}$ に対して、ポーラスシリコンは、熱伝導率 $\alpha = 1 \text{ W/mK}$ 、熱容量 $C = 0.7 \times 10^6 \text{ J/m}^3\text{K}$ である。

【0016】

この出願の発明では、シリコンとして、単結晶シリコンではなく、多結晶シリコンを用いる。この多結晶シリコンは、例えばプラズマ CVD 法により形成することができるが、特に製法は限定されず、触媒 CVD 法により形成してもよいし、プラズマ CVD 法でアモルファスシリコンを成膜した後加熱処理としてレーザーアニールを行うことにより多結晶化してもいい。多結晶シリコンを上記陽極酸化法により処理した場合、図 2 に示すようにグレイン (結晶粒) の集合体である細い柱状構造 (2-a) が存在し、その間にナノメートルオーダーのシリコン微結晶が存在した多孔質構造 (2-b) をとることができる。これは、多結晶シリコンの陽極酸化反応が、グレインの境界で優先的に進み、つまり、柱状構造の柱と柱との間を深さ方向に陽極酸化が進行し、陽極酸化後も柱状のシリコングレインが残るためだと考えられる。このような構造をとることにより、マクロな断熱層としての機能は維持しながら、柱状構造の部分で熱を効率良く、基板側へ逃がしてやることが可能となる。

【0017】

もちろん、この柱状構造のシリコングレインの存在が、陽極酸化の条件によって、その大きさや単位体積当りの割合が変化する。そして、この出願の発明においてはこのようなシリコングレインの存在はより好ましい形態として提示されることになる。

【0018】

次に、熱導電性の基板（1）としては、直流成分の熱を逃がすために熱伝導率 α の大きな材料を用いることが好ましく、最も好ましくは金属を用いる。例えば、銅、アルミなどの高熱伝導率の基板が選ばれるが、特にこれらに限定はされず、シリコン基板などの半導体基板も用いることが可能である。また、ガラスなどのセラミックス基板も、用いることが可能である。基板の形状としては、放熱効率を良くするために、放熱フィンを裏面に形成しても良い。

【0019】

次に、発熱体薄膜（3）としては金属膜であれば材質は特に限定されない。たとえば、金、アルミ、ニッケル、白金などが用いられ、真空蒸着、スパッタなどで成膜できる。また、膜厚は、熱容量を小さくするためにできるだけ、薄くすることが好ましいが、適当な抵抗にするために、10 nm～100 nmの範囲で選択することができる。

【0020】

そこで以下に実施例を示し、さらに詳しく説明する。もちろん以下の例によって発明が限定されることはない。

【0021】

【実施例】

（実施例1）

厚さ1 mmの純銅製の基板表面にプラズマCVD法で多結晶ポリシリコンを3 μ mの厚さで成膜した。

【0022】

その後、この基板を、HF（55%）：EtOH＝1：1の溶液中で白金を対極として電流密度20 mA/cm²で30分間陽極酸化処理を行い、ポーラスシリコン層を形成した。最後に、ポーラスシリコン層上に、発熱体薄膜としてAlを真空蒸着で50 nmの厚みで形成して、素子を作製した。得られた素子のポーラスシリコン層を観察したところ、シリコングレインの柱状構造が観察された。さらに、得られた素子の発熱体薄膜に50 kHz、50 W/cm²の電力を供給し、出力音圧を素子から10 mmの距離でマイクで測定した。その結果100 k

Hz の超音波の発生が確認され、音圧出力は、5.8 Pa であった。そのときの素子表面の定常温度は、約 50℃ であった。

(比較例 1)

P 型 (100) 単結晶シリコン基板 (3-20 Ω) の裏面に陽極酸化処理時のコンタクト電極として、Al を真空蒸着で 300 nm 成膜した。その後、この基板を、HF (55%) : EtOH = 1 : 1 の溶液中で、白金を対極として電流密度 20 mA/cm² で 30 分間陽極酸化処理を行い、厚み約 3 μm のポーラスシリコン層を形成した。最後に、ポーラスシリコン層上に、発熱体薄膜として Al を真空蒸着で 50 nm の厚みで形成して、素子を作製した。得られた素子のポーラスシリコン層を観察したところ、特にシリコングレインの柱状構造は観察されなかった。さらに、得られた素子の発熱体薄膜に 50 kHz、50 W/cm² の電力を供給し、出力音圧を素子から 10 mm の距離でマイクで測定した。その結果 100 kHz の超音波の発生が確認され、音圧出力は、3.5 Pa であった。そのときの素子表面の定常温度は、約 80℃ であった。

【0023】

【発明の効果】

この出願の発明の熱励起音波発生装置では、熱絶縁層として多結晶シリコンをポーラス化させて形成したポーラスシリコン層を用いることで、その部分が効率良く、直流成分の熱を基板側へ逃がすために、高出力時でも、効率良く音波を発生することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この出願の発明の熱励起音波発生装置においてその一実施形態を例示した断面図である。

【図 2】

シリコングレインの柱状構造について示した概要断面図である。

【図 3】

周波数 (時間) と電流、熱、温度、音波との関係について示した図である。

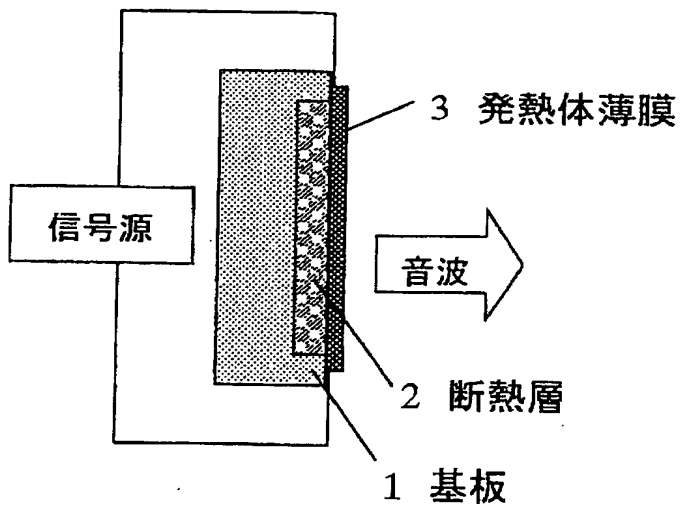
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 断熱層
- 3 発熱体薄膜
- 2-a 柱状構造
- 2-b 多孔質構造

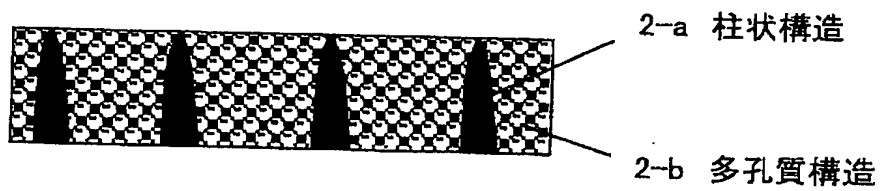
【書類名】

図面

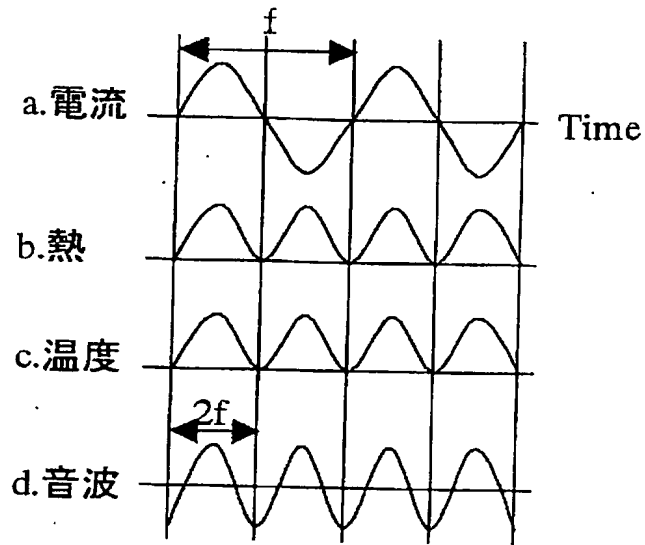
【図1】



【図2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発熱体薄膜の温度変化を大きくすることのできる、新しい熱励起音波発生装置を提供する。

【解決手段】

熱導電性の基板と基板上の一方の面に多結晶シリコンをポーラス化させて形成したポーラスシリコン層からなる断熱層と、断熱層上に形成され、電氣的に駆動される金属膜からなる発熱体薄膜とを有する熱励起音波発生装置とする。

【選択図】 図1

特願 2003-053283

出願人履歴情報

識別番号

[801000072]

1. 変更年月日

2001年12月17日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都小金井市東町4-34-25

氏名

農工大ティー・エル・オー株式会社

2. 変更年月日

2003年11月 7日

[変更理由]

住所変更

住所

東京都小金井市中町二丁目24番16号

氏名

農工大ティー・エル・オー株式会社